Journal of Agricultural Machinery
Vol. 8, No. 1, Spring - Summer 2018, p. 43-53

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد 8، شماره 1، نیمسال اول 1397، ص 53-43

پیش‌بینی ریزش محصول گندم در دماغه‌ی شبیه‌سازی شده‌ی کمباین با استفاده از تحلیل ابعادی

رضا کرملاچعب[1]- سید حسین کارپرورفرد[2*]- محسن عدالت[3]- حسین رحمانیان کوشککی[4]

تاریخ دریافت: 1395/05/12
تاریخ پذیرش: 1395/09/28

چکیده

گندم به‌عنوان اصلی‌ترین منبع غذایی و فرآورده‌ای استراتژیک در ایران بوده که سالیانه مقادیر زیادی از آن در مراحل کاشت، برداشت، انتقال و نگهداری و نهایتاً در مرحله تغییر و تبدیل و مصرف از بین می‌رود. بنابراین به‌کارگیری تنظیمات مناسب و دقیق به‌منظور کاهش تلفات در مرحله برداشت ضروری است. هدف از این پژوهش، پیش‌بینی درصد ریزش دانه گندم در یک دماغه کمباین شبیه‌سازی شده با استفاده از تحلیل ابعادی بود. سه عامل اثرگذار بر ریزش دانه در دماغه که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفتند عبارت بودند از: سرعت چرخ و فلک در سه سطح 21، 25 و 35 دور بر دقیقه، سرعت پیشروی در سه سطح 2، 3 و 4 کیلومتر بر ساعت و ارتفاع برش در سه سطح 15، 25 و 35 سانتی‌متر. آزمایش‌ها به‌صورت فاکتوریل بر مبنای طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار انجام گرفتند. از نتایج حاصل از تجزیه واریانس جهت نشان دادن اختلافات معنی‌دار بین مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی‌شده ریزش دانه استفاده شد. نتایج حاصل از آزمون F در سطح احتمال 5 درصد برای معادله حاصل از تحلیل ابعادی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین نتایج اندازه‌گیری‌شده و پیش‌بینی‌شده ریزش دانه در دماغه شبیه‌ساز وجود ندارد. کمینه درصد ریزش دانه در دماغه شبیه‌ساز معادل 1/4 درصد با سرعت دورانی چرخ و فلک 25 دور بر دقیقه و سرعت پیشروی 2 کیلومتر بر ساعت تعیین شد.

واژه‌های کلیدی: دماغه کمباین، شبیه‌ساز، گندم، مدل‌سازی

مقدمه

یکی از مسایلی که در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته، تلفات گندم از تولید تا مصرف و پیشنهاد راه‌کارهایی جهت پیش‌گیری از آن به‌خصوص در هنگام برداشت به‌وسیله ماشین‌های برداشت غلات (کمباین) بوده است (Emam, 2011). از طرفی تلفات برداشت محصول شامل افت طبیعی (قبل از برداشت) و افت شانه برش، افت کوبنده، افت جداکن (کاه‌برها) و افت تمیزکن (الک‌ها) در کمباین می‌باشد (Srivastava, 2006). علی‌رغم این‌که متوسط افت کمباین‌ها در کشورهای توسعه‌یافته 4 تا 5 درصد تخمین زده می‌شود، این مقدار در ایران تا 20 درصد و حتی فراتر نیز گزارش شده است و این مسئله از بعد اقتصادی مقرون به صرفه نیست (Mirzazadeh *et al*., 2011). همچنین طبق آمارنامه سازمان بازرسی کشور میزان تلفات برداشت گندم توسط کمباین از 4/81 تا 18/1 درصد در ایران گزارش شده است (Anonymous, 2003).

محققین با شبیه‌سازی سیستم تمیزکننده کمباین در آزمایشگاه و با استفاده از روش تحلیل ابعادی، ریزش دانه در سیستم تمیزکننده کمباین غلات را پیش‌بینی نمودند. در این تحقیق هفت تیمار انتخاب گردید. در نهایت رابطه‌ای بر اساس تحلیل ابعادی به‌دست آمد. مدل به‌دست آمده می‌توانست با دقت خوبی تلفات سیستم تمیزکننده کمباین غلات را پیش‌بینی کند (Voicu *et al*., 2007).

تحقیقی در زمینه ارزیابی و تعیین ریزش گندم در کمباین NEW HOLLAND TC57 بر اساس اثر متقابل بین سرعت پیش‌روی و سرعت دورانی چرخ و فلک بر روی ریزش دماغه توسط محققان انجام گرفت. نتایج نشان داد که در سرعت پیشروی 3 کیلومتر بر ساعت و سرعت دورانی 25 دور بر دقیقه کم‌ترین ریزش در دماغه مشاهده می‌شود (Houshyar and Sheikhdavoodi, 2010).

در سال 2012 تحقیقی در راستای بهینه‌سازی دماغه کمباین در برداشت کلزا انجام گردید. بدین منظور یک دستگاه دماغه شبیه کمباین طراحی و ساخته شد و عواملی که بیش‌ترین تأثیر بر روی ریزش دانه داشتند مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش حاکی

1، 2 و 4- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار و دانشجوی دکتری مکانیک ماشین‌های کشاورزی، بخش مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
3- دانشیار، بخش زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
(*- نویسنده مسئول: Email: karparvr@shirazu.ac.ir)
DOI: 10.22067/jam.v8i1.59277

از معنی‌دار بودن عوامل فوق در سطح احتمال 5 درصد بود و در شرایطی که سرعت پیشروی 2 کیلومتر بر ساعت، سرعت شانه برش 1400 ضربه در دقیقه و سرعت خطی چرخ و فلک 1/5 برابر سرعت پیشروی باشد، ریزش دانه کمینه خواهد شد (Soleimani and Kasraei, 2010).

در پژوهشی از روش تحلیل رگرسیونی برای تعیین ریزش در دماغه کمباین استفاده گردید. ریزش در دماغه (H.L) به‌عنوان متغیر وابسته و پارامترهای عملکردی کمباین برنج از قبیل شاخص چرخ و فلک (RI)، سرعت شانه برش (S)، ارتفاع شانه برش (H) و محتوای رطوبت دانه (M) به‌عنوان متغیرهای مستقل تعریف شدند. ارتباط بین این متغیرها به‌صورت رابطه رگرسیونی (1) به‌دست آمد (Bawatharani *et al*., 2014).

$$H.L = 24 + 9.76RI + 22.3S - 0.13H - 1.26M \quad (1)$$

تحلیل ابعادی ابزار قدرتمندی است که توسط ابعاد و ملاحظات دخیل در هر پدیده و کمیت‌های وابسته به آن بیان می‌شود. با استفاده از این روش، متغیرها را می‌توان در یک رابطه به شکلی قرار داد که فرمولی بین چند پارامتر بی‌بعد به‌وجود آید. در روش تحلیل ابعادی با استفاده از قضیه π - باکینگهام[1]، چنان‌چه در یک پدیده تعداد m پارامتر و تعداد k بعد وجود داشته باشد، می‌توان حداکثر تعداد m-k گروه بی‌بعد مستقل از هم تعریف نمود (Langhaar, 1980).

هدف از این تحقیق ارایه مدلی بر پایه تحلیل ابعادی به‌منظور پیش‌گویی و تخمین ریزش دانه در دماغه شبیه‌ساز کمباین بود. عوامل مؤثر و قابل تنظیم بر میزان ریزش دانه در دماغه عبارتند از: سرعت پیشروی، سرعت چرخ فلک و ارتفاع برش.

مواد و روش‌ها

در راستای امکان‌سنجی ارائه مدل پیش‌بینی ریزش دانه در دماغه به روش تحلیل ابعادی، ابتدا به بررسی اثرگذاری عوامل مؤثر بر ریزش در شبیه‌ساز اقدام گردید. این عوامل به‌ترتیب سرعت دورانی چرخ و فلک، سرعت شانه برش، سرعت پیشروی، ارتفاع شانه برش و طول دماغه شبیه‌ساز بود. لذا نوعی دماغه کمباین شبیه‌سازی شده با اجزای تشکیل‌دهنده‌ای به شرح ذیل در بخش مهندسی بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز ساخته شد.

اجزای دماغه شبیه‌ساز

الف) چرخ و فلک[2]

چرخ و فلک پره‌ای[3] از دماغه کمباینی قدیمی به طول 120 سانتی‌متر و قطر 100 سانتی‌متر جدا شده و بر روی شاسی ثابتی سوار گردید. یک جفت قاب مستطیلی در بالا و پایین ساخته شده از نبشی 5 سانتی‌متر، به‌همراه میله‌های فولادی اجزای اصلی شاسی ثابت با ابعاد 50 سانتی‌متر عرض، 260 سانتی‌متر طول و 200 سانتی‌متر ارتفاع محسوب می‌شدند. به کمک پولی دور ثابت مستقر در انتهای سمت راست محور چرخ و فلک، گشتاور چرخشی مورد نیاز از طریق هم‌بندی دو سری تسمه و پولی و به‌وسیله یک موتور الکتریکی سه فاز القایی به قدرت 0/75 کیلووات و با دور اسمی 2835 دور بر دقیقه (Type Y801-2, Fujian Tianyi Motor, China) تأمین شد. به‌منظور تأمین سرعت‌های دورانی مختلف چرخ و فلک، از یک دستگاه اینورتر 1/5 کیلوواتی (N50, Hyundai, South Korea) استفاده گردید (شکل 1).



شکل 1- نمایی از شبیه‌ساز

Fig. 1. View of simulator

ب) شانه برش[4]

بر روی شانه برشی به طول 120 سانتی‌متر تیغه‌های متحرکی نصب گردید. بدین منظور با ایجاد سوراخ‌هایی بر روی تسمه‌ای به عرض 2 سانتی‌متر و طول 110 سانتی‌متر و با استفاده از میخ پرچ، تیغه‌ها بر روی تسمه نصب شدند. از اینورتر جداگانه‌ای با توان 2/2 کیلووات (N50, Hyundai, South Korea) جهت راه‌اندازی و تأمین سرعت ثابت 1150 برش در دقیقه از موتور الکتریکی 1/5 کیلووات سه فاز جداگانه‌ای استفاده شد (Type Y801-2, Fujian Tianyi Motor, China). این تنظیمات به منظور ایجاد شرایط کاری مشابه با سرعت برش کمباین در مزرعه انجام گرفت.

ج) واحد تغذیه‌کننده

این واحد از ریل انتقال و سینی ساقه‌ها (زمین مجازی) تشکیل

1- Theorem of π - Buckingham
2- Reel
3- Slat Reel
4- Cutter bar

شده بود. جهت حرکت سینی ساقه‌ها به سمت واحد برش، لازم بود تا از ریل انتقال به‌عنوان مسیر حرکت استفاده شود. طول این مسیر 600 سانتی‌متر بود. (شکل 2-الف و 2-ب).



شکل 2- الف- زمین مجازی
Fig. 2. a. Virtual ground



شکل 2- ب- جاگذاری دسته ساقه‌های گندم (بوته‌ها) در سینی
Fig. 2. b. Replacement of stems in tray

جهت تأمین سطوح مختلف سرعت پیشروی، با اتصال موتور سه فاز الکتریکی به یک دستگاه اینورتر 1/5 کیلوواتی (N50, Hyundai, South Korea) امکان تغییر دور موتور بین صفر تا 920 دور بر دقیقه مهیا شد. به‌طور کلی جهت حصول اطمینان از بسامد صحیح اینورترهای متناظر با سرعت دورانی چرخ و فلک، سرعت پیشروی قاب حمل‌کننده سینی ساقه‌ها و سرعت شانه برش، از دورسنج Digital laser/ contact tachometer مدل DT- 2236C استفاده گردید. تغییر ارتفاع برش از طریق قاب حمل‌کننده سینی ساقه‌ها به‌صورت عمودی با تعبیه چهار عدد پیچ بلند به قطر یک سانتی‌متر در چهار طرف قاب حمل‌کننده و تثبیت ارتفاع دلخواه با کمک چهار عدد پیچ قفل‌کننده صورت می‌گرفت.

به‌منظور ایجاد شرایط زمین از نقطه نظر عملکرد مزرعه، ریزش طبیعی، تعداد ساقه در واحد بوته و تعداد بوته در واحد سطح، اقدام به کادراندازی در سطح مزرعه به‌منظور تعیین میانگین تعداد ساقه در هر بوته شد. سپس از 25 متر مربع از مساحت مزرعه، ساقه‌های گندم به‌صورت دستی درو شد و به آزمایشگاه منتقل گردید. پس از جداسازی ساقه‌ها و مرتب‌سازی آن‌ها، به‌صورت تصادفی در سینی حمل‌کننده ساقه‌ها جایگذاری شدند. برای تمام آزمون‌ها با روشن کردن موتورهای الکتریکی مربوط به شانه برش، چرخ و فلک و قاب حمل‌کننده سینی ساقه‌ها و تنظیم بسامد اینورتر، اقدام به جمع‌آوری دانه‌های ریخته شده بر روی زمین آزمایشگاه و همچنین دانه‌های برداشت شده موجود در مخزن (انباره) شبیه‌ساز می‌شد. پس از جداسازی دانه‌ها از مواد غیر دانه‌ای، اقدام به توزین دانه‌های ریخته شده بر روی زمین (از دست رفته) و دانه‌های برداشت شده (موجود در مخزن) گردید. درصد ریزش محصول در دماغه بر اساس میزان وزن دانه‌های از دست رفته به وزن کل دانه‌ها اعم از ریخته شده زیر شانه برش و ورودی به مخزن مطابق روش استاندارد ملی ایران به شماره 6133، از رابطه (2) محاسبه گردید (Anonymous, 2002).

$$H.L = \frac{L.G}{H.G} \times 100 \qquad (2)$$

در هر آزمون برای هر سه عامل (سرعت دورانی چرخ و فلک، سرعت پیش‌روی زمین مجازی و ارتفاع برش) سه سطح (به‌ترتیب 21، 25 و 30 دور بر دقیقه و 2، 3 و 4 کیلومتر بر ساعت و 15، 25 و 35 سانتی‌متر) و برای هر سطح سه تکرار در نظر گرفته که جمعاً 81 آزمون مربوط به شبیه‌ساز انجام شد. آزمایش‌ها بر روی گندم رقم پیشتاز در محتوای رطوبتی بین 14 الی 16 درصد بر مبنای وزن خشک انجام گرفت.

انتخاب سطوح تیمارهای فوق برگرفته از تجربیات رانندگان کمباین و برخی اطلاعات مندرج در دفترچه راهنمای شرکت‌های کمباین‌سازی بود. لازم به ذکر است که آزمایش‌ها به‌صورت فاکتوریل بر مبنای طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام گرفت.

تحلیل ابعادی

پارامترهای مؤثر در این تحقیق V_r، V_c، V_f، h_c، L_h، L.G و H.G می‌باشند. با توجه به رابطه (2) متغیرهای مستقل و وابسته به شکل رابطه (3) بیان شدند.

$$H.L = f\,(V_r, V_c, V_f, h_c, L_h) \qquad (3)$$

لازم به ذکر است مقادیر طول دماغه و سرعت شانه برش به‌ترتیب 120 سانتی‌متر و 1150 برش در دقیقه بر اساس دفترچه راهنمای کاربر کمباین در نظر گرفته شد. رابطه (3) با توجه به این‌که طبق قضیه π - باکینگهام حداکثر تعداد 4 گروه بدون بعد را می‌توان تعیین نمود، مطابق رابطه (4) بازنویسی شد:

$$H.L = f\left(\frac{V_r}{V_c}, \frac{V_r}{V_f}, \frac{h_c}{L_h}\right) \quad (4)$$

رابطه (4) به‌صورت حاصل ضرب توابعی از گروه‌های بی‌بعد بازنویسی گردید:

$$H.L = c\left[f_1\left(\frac{V_r}{V_c}\right) f_2\left(\frac{V_r}{V_f}\right) f_3\left(\frac{h_c}{L_h}\right)\right]^n \quad (5)$$

که در آن c و n به‌ترتیب عرض از مبدأ و شیب می‌باشند. با لگاریتم‌گیری از طرفین رابطه (5)، معادله خطی زیر حاصل شد:

$$\log(HL) = \log c + n\left[\log f_1\left(\frac{V_r}{V_c}\right) + \log f_2\left(\frac{V_r}{V_f}\right) + \log f_3\left(\frac{h_c}{L_h}\right)\right] \quad (6)$$

به‌منظور محاسبه مقادیر n و c، ابتدا می‌بایستی سه تابع موجود در رابطه (6) مشخص می‌گردیدند. لذا چنان‌چه $\log c = 0$ و $n=1$ فرض شود، آن‌گاه خواهیم داشت (Fakhraei and Karparvarfard, 2006; Hosseini and Karparvarfard, 2011; Karparvarfard and Rahmanian- Koushkaki, 2015; Tajbakhsh and Karparvarfard, In press):

$$\log(HL) = \left[\log f_1\left(\frac{V_r}{V_c}\right) + \log f_2\left(\frac{V_r}{V_f}\right) + \log f_3\left(\frac{h_c}{L_h}\right)\right] \quad (7)$$

در تجزیه و تحلیل داده‌ها فقط اثر اصلی گروه‌های بی‌بعد در نظر گرفته می‌شود. بدین معنا که هر گروه مستقل تلقی شده و تمامی خطاهای موجود و هم‌چنین اثرات متقابل در کل خطاها مد نظر گرفته خواهد شد.

نتایج و بحث

نتایج آماری داده‌ها

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای اصلی ارتفاع برش، سرعت دوران چرخ و فلک و سرعت پیش‌روی بر هر دو ویژگی وزن کل دانه‌ها و وزن دانه‌های از دست رفته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده است. هم‌چنین اثر متقابل ارتفاع برش و سرعت پیشروی بر ویژگی‌های اشاره شده در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار بوده است. به علاوه اثر متقابل سرعت دورانی چرخ و فلک و سرعت پیشروی در سطح احتمال 5 درصد نیز معنی‌دار بوده است. سایر اثرهای اصلی و متقابل تأثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های اندازه‌گیری نداشتند (جدول 1). این نتایج با یافته‌های Soleimani and Kasraee نیز تطابق دارد (Soleimani and Kasraee, 2012).

مقایسه میانگین تاثیر ارتفاع برش بر وزن کل دانه‌ها و وزن دانه‌های از دست رفته نشان داد که ارتفاع برش بر هر دو ویژگی مذکور دارای تأثیر معنی‌داری بوده است. به‌گونه‌ای که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار ریزش دماغه به‌ترتیب از ارتفاع برش 15 سانتی‌متر و ارتفاع برش 35 سانتی‌متر به‌دست آمد. هم‌چنین روند تغییرات ریزش با تغییر ارتفاع برش نیز نشان داد که بیش‌ترین مقدار ریزش در تیمار ارتفاع برش 35 سانتی‌متر و کم‌ترین مقدار آن در تیمار ارتفاع برش 15 سانتی‌متر به‌دست آمد.

هم‌چنین تأثیر سرعت دوران چرخ و فلک نیز نشان داد که سرعت دوران در دو سطح 21 و 25 دور بر دقیقه تأثیر معنی‌داری بر ریزش دماغه نداشت. اما سرعت دوران 30 دور بر دقیقه ریزش دماغه کم‌تر و معنی‌داری را نسبت به دو سطح قبل ایجاد کرد. وزن کل دانه‌ها به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سرعت دوران چرخ و فلک قرار گرفت، به‌گونه‌ای که بیش‌ترین مقدار ریزش در سرعت دوران 30 دور بر دقیقه و کم‌ترین آن در سرعت 21 دور بر دقیقه به‌دست آمد. سطوح تیمارها نیز با یکدیگر تفاوت معنی‌داری را نشان دادند.

تأثیر سرعت پیشروی نیز معنی‌دار بود. به‌طوری‌که در سرعت پیشروی 2 کیلومتر بر ساعت کم‌ترین مقدار ریزش در دماغه به‌وجود آمد. همچنین بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار وزن کل دانه‌ها نیز به‌ترتیب در سرعت پیشروی 2 و 4 کیلومتر بر ساعت حاصل شد (جدول 2).

تحلیل ابعادی داده‌ها

در رابطه (7)، گروه‌های اول و دوم تابعی از V_r هستند. بنابراین چنان‌چه در هر گروه اثرات V_r ثابت در نظر گرفته شود، به راحتی می‌توان اثر عامل بعدی آن گروه را بر H.L را به‌دست آورد. به‌عبارت دیگر با ثابت نگه داشتن V_r و در نظر گرفتن تغییرات V_f، می‌توان اثر سرعت شانه برش بر میزان درصد ریزش محصول در دماغه را بررسی نمود.

تجزیه و تحلیل گروه $f_1\left(\frac{V_r}{V_c}\right)$:

با ثابت فرض کردن V_r، مقادیر لگاریتم داده‌های $\frac{V_r}{V_f}$ مربوط به تغییرات V_f در مقابل لگاریتم داده‌های H.L در نظر گرفته شدند. از طرفی مقادیر لگاریتم $\frac{V_r}{V_c}$ متناظر با هر یک از نقاط مذکور از جدول داده‌ها انتخاب شد و پس از تعیین و دسته‌بندی نقاطی که دارای مقادیر $\log\left(\frac{V_r}{V_c}\right)$ یکسانی بودند، با رسم خطوط در برگیرنده هر دسته از این نقاط، فواصل طولی آن‌ها را نسبت به مبدأ مختصات بر روی هر نمودار به روش ترسیمی تعیین گردید (شکل3).

جدول 1- تجزیه واریانس تأثیر تیمارها بر وزن کل دانه‌ها و دانه‌های از دست رفته

Table 1- Analysis of variance of treatment effect on total grain weight and grain loos

منابع تغییر **Sources of variation**	درجه آزادی **Degree of freedom**	میانگین مربعات **Mean squares** وزن دانه‌های از دست رفته (گرم) **Weight of loss grain (g)**	وزن کل دانه‌ها (گرم) **Weight of total grain(g)**
بلوک Block	2	0.13 ns	18.74 ns
ارتفاع برش Cutting height	2	349.41 **	5005.04 **
سرعت دوران چرخ و فلک Rotational speed of reel	2	8.23 **	361.33 **
سرعت پیشروی Forward speed	2	32.66 **	358.37 **
ارتفاع برش ×سرعت دوران چرخ و فلک Cutting height× Rotational speed of reel	4	0.74 ns	22.77 ns
ارتفاع برش ×سرعت پیشروی Cutting height× Forward speed	4	1.10 *	217.91 *
سرعت دوران چرخ و فلک× سرعت پیشروی Rotational speed of reel × Forward speed	4	1.08 *	43.46 ns
ارتفاع برش× سرعت دوران چرخ و فلک× سرعت پیشروی Cutting height× Rotational speed of reel× Forward speed	8	0.59 ns	21.97 ns
خطا Error	52	0.36 ns	44.58 ns

ns، * و **: به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح 5 و 1 درصد

ns,*,**: non-significant, significant at 1 and 5 level of probability

جدول 2- مقایسه میانگین تأثیر ارتفاع شانه‌ی برش، سرعت دوران چرخ و فلک و سرعت پیشروی بر وزن کل دانه‌ها و وزن دانه‌های از دست رفته

Table 2- Mean comparison of effect of cutter bar height, rotational speed of reel and forward speed on weight of total grain and weight of grain loss

	سطوح **Levels**	وزن کل دانه‌ها (گرم) **Weight of total grain (g)**	وزن دانه‌های از دست رفته (گرم) **Weight of loss grain (g)**
ارتفاع برش (سانتی‌متر) Cutting height (cm)	15	144.16	3.74
	25	135.07	7.76
	35	117.38	10.92
سرعت دوران چرخ و فلک (دور بر دقیقه) Rotational speed of reel (rpm)	21	135.78	6.97
	25	132.37	7.39
	30	128.47	8.06
سرعت پیشروی (کیلومتر در ساعت) Forward speed (km h^{-1})	4	135.50	6.81
	3	132.82	6.87
	2	128.29	8.74
LSD (5%)		3.64	0.32

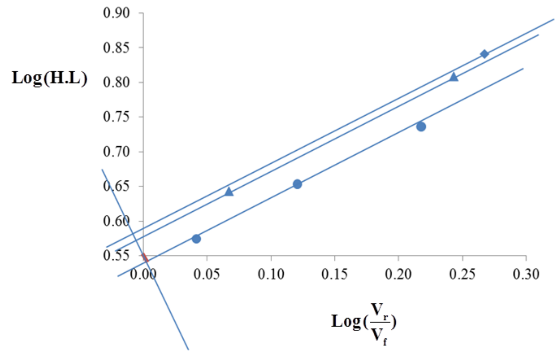
در هر تیمار اعداد دارای اختلاف کوچک‌تر از LSD تفاوت معنی‌داری با یکدیگر در سطح 5٪ آزمون LSD ندارند

In each treatment, numbers differences are smaller than LSD are not significantly different at the 5% probability level

این فواصل بیان‌گر شاخصی از تغییرات لگاریتم تابع $\frac{V_r}{V_c}$ در مقابل مقادیر عددی لگاریتم $\frac{V_r}{V_c}$ تلقی می‌شوند. با متناظر قرار دادن طول هر یک از این فواصل با مقادیر عددی لگاریتم $\frac{V_r}{V_c}$ مربوط به خود، نمودارهای هر تکرار حاصل گردید (شکل 4).

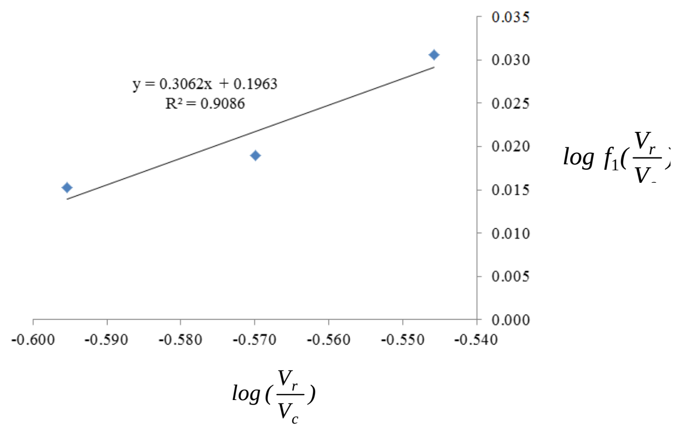
هر یک از این نمودارها دارای شیب n مربوط به خود بوده که با توجه به تعداد تکرارها و میانگین‌گیری از تمامی شیب‌های به‌دست آمده، مقدار عددی 0.7079 =n برای شبیه‌ساز به‌دست آمد. بنابراین می‌توان نوشت:

$$f_1(\frac{V_r}{V_c}) = (\frac{V_r}{V_c})^{0.7079} \quad (9) \qquad \log f_1(\frac{V_r}{V_c}) = 0.7079 \log(\frac{V_r}{V_c}) \quad (8)$$



شکل 3- نمودار $\log(H.L)$ در برابر $\log(\frac{V_r}{V_f})$ برای تکرار سوم

Fig.3. Graph relating $\log(H.L)$ to $\log(\frac{V_r}{V_f})$ for third replication



شکل 4- نمودار $\log f_1(\frac{V_r}{V_c})$ در برابر $\log(\frac{V_r}{V_c})$ برای تکرار سوم

Fig. 4. Graph relating $\log f_1(\frac{V_r}{V_c})$ to $\log(\frac{V_r}{V_c})$ for third replication

جدول 4- تجزیه واریانس بین مقادیر اندازه‌گیری‌شده و پیش‌بینی‌شده ریزش در دماغه شبیه‌ساز در سطح احتمال 5 درصد

Table 4- Analysis of variance between measured data and predicted data for simulator in 5% probability

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	مجموع مربعات Sum squares	میانگین مربعات Mean squares	آماره F F Statistics
مدل Model	1	70.646	70.646	31.290 ns
باقی‌مانده Residual	4	9.031	2.258	
کل Total	5	79.677		

ns: غیرمعنی‌دار

ns: non-significant

تجزیه و تحلیل گروه $f_2(\frac{V_r}{V_f})$:

ابتدا با حذف اثر گروه اول از رابطه‌ی (7)، رابطه (10) را باقی‌مانده اول[1] می‌نامیم. به‌عبارت دیگر اثر تغییرات تابع $\frac{V_r}{V_c}$ از ریزش دماغه (H.L) در قالب رابطه خطی حذف گردید.

$$\log(H.L) - \log f_1(\frac{V_r}{V_c}) = \log f_2(\frac{V_r}{V_f}) \quad (10)$$

با رسم مقادیر عددی حاصل از رابطه (10) در مقابل مقادیر $\log(\frac{V_r}{V_f})$ متناظر با آن، می‌توان شیب نمودارهای هر تکرار و میانگین آن‌ها را مطابق روابط زیر به‌دست آورد.

$$\log f_2(\frac{V_r}{V_f}) = 0.8887 \log(\frac{V_r}{V_f}) \quad (11)$$

$$f_2(\frac{V_r}{V_f}) = (\frac{V_r}{V_f})^{0.8887} \quad (12)$$

تجزیه و تحلیل گروه $f_3(\frac{h_c}{L_h})$:

در این مرحله رابطه (13) را به‌عنوان باقی‌مانده دوم[2] در نظر می‌گیریم:

$$\left[\log(H.L) - \log f_1(\frac{V_r}{V_c})\right] - \log(\frac{V_r}{V_f}) = \log f_3(\frac{h_c}{L_h}) \quad (13)$$

با رسم مقادیر عددی حاصل از رابطه (13) در مقابل $\log(\frac{h_c}{L_h})$ متناظر با آن و با میانگین‌گیری از مقادیر شیب هر تکرار، روابط (14) و (15) حاصل گردید:

$$\log f_3(\frac{h_c}{L_h}) = 3.0308 \log(\frac{h_c}{L_h}) \quad (14)$$

$$f_3(\frac{h_c}{L_h}) = (\frac{h_c}{L_h})^{3.0308} \quad (15)$$

معادله ابعادی ریزش در دماغه برای شبیه‌ساز

با توجه به روابط (9)، (12) و (15) و جای‌گذاری آن در رابطه (5) می‌توان نوشت:

$$H.L = c\left[(\frac{V_r}{V_c})^{0.7079} \times (\frac{V_r}{V_f})^{0.8887} \times (\frac{h_c}{L_h})^{3.0308}\right]^n \quad (16)$$

$$\log(H.L) = \log c + \log(f_1 \times f_2 \times f_3)^n \quad (17)$$

با رسم مقادیر $\log(f_1 \times f_2 \times f_3)$ در مقابل log (H.L) و با توجه به شکل 5، مقادیر $\log c = 3.0731$ و $n = 1.2414$ برای شبیه‌ساز به‌دست آمد. بنابراین معادله ابعادی ریزش دانه در دماغه برای شبیه‌ساز به‌صورت زیر نهایی گردید.

$$H.L = 10^{3.0731}\left[(\frac{V_r}{V_c})^{0.7079} \times (\frac{V_r}{V_f})^{0.8887} \times (\frac{h_c}{L_h})^{3.0308}\right]^{1.2414} \quad (18)$$

محدوده به‌کارگیری معادله ابعادی ریزش در دماغه

محدوده تغییرات گروه‌های بدون بعد به‌کاررفته در این پژوهش در جدول 3 آورده شده است.

جدول 3- محدوده تغییرات گروه‌های بی بعد

Table 3- Range of dimensional groups

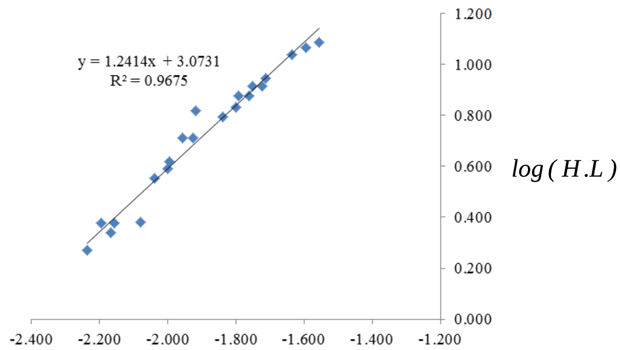
$\frac{V_r}{V_c}$	$\frac{V_r}{V_f}$	$\frac{h_c}{L_h}$
0.311- 0.444	1.010- 2.885	0.147- 0.343

جهت ارزیابی اعتبار و صحت پیش‌بینی ریزش در دماغه توسط مدل به‌دست آمده، از 20 درصد داده‌هایی که بدین جهت کنار گذاشته شده بود، استفاده گردید. نتایج آماری به‌دست آمده از آزمون F در جدول 4 و در سطح احتمال 5 درصد نیز نشان داد که مقادیر اندازه‌گیری‌شده و پیش‌بینی‌شده ریزش در دماغه باهم اختلاف معنی‌داری ندارند (Hossein and Karparvarfard, 2011; Karparvarfard and Rahmanian- Koushkaki, 2015).

رابطه میان مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی‌شده ریزش در دماغه حاصل از مدل برای شبیه‌ساز، نشان داده که مقادیر پیش‌بینی‌شده توسط مدل به مقادیر اندازه‌گیری شده نزدیک است. رابطه‌ی بین مقادیر اندازه‌گیری‌شده و پیش‌بینی‌شده از دقت بالایی برخوردار می‌باشد. هم‌چنین در جدول 5 برخی مقادیر پیش‌بینی افت دانه در دماغه شبیه‌ساز متناظر با گروه‌های بدون بعد بر اساس مدل ابعادی ارائه شده است. این مقادیر متناسب با محدوده پیش‌بینی شده در استاندارد ASABE می‌باشند (ASABE Standards S343.3, 2009). به‌عبارت دیگر با انجام تنظیمات منطبق بر محدوده ارائه مدل ابعادی می‌توان نقطه بهینه درصد ریزش در دماغه شبیه‌ساز (1/4) را متناظر با مقادیر گروه‌های بدون بعد مرتبط پیش‌بینی نمود. به نحوی که با اعمال تنظیمات مناسب کمینه ریزش در دماغه حاصل گردد.

1- First residual

2- Second residual



شکل 5- نمودار $\log(H.L)$ در برابر $\log(f_1 \times f_2 \times f_3)$

Fig. 5. Graph relating $\log(H.L)$ to $\log(f_1 \times f_2 \times f_3)$

جدول 4- مقادیر ریزش دانه در دماغه‌ی شبیه‌ساز در نسبت‌های مختلف گروه‌های بدون بعد

Table 4- Grain losses in simulator based on different ratios of dimensional groups

$\frac{h_c}{L_h}$	$\frac{V_r}{V_f}$	$\frac{V_r}{V_c}$	H.L
0.125	1.01	0.0217	1.6
0.125	1.01	0.0304	2.2
0.125	1.01	0.0217	2.2
0.125	1.34	0.0217	3.5
0.125	2.02	0.0217	2
0.125	1.202	0.0217	2.7
0.125	1.6	0.0217	2.4
0.125	1.442	0.0217	3.3
0.125	1.923	0.0217	1.4*
0.125	1.01	0.018	1.9
0.125	1.34	0.018	3
0.125	2.02	0.018	1.7
0.125	1.202	0.018	2.3
0.125	1.6	0.018	3.7
0.125	2.45	0.018	2
0.125	1.442	0.018	2.8
0.125	1.923	0.018	2.2
0.125	1.01	0.0304	3
0.125	1.34	0.0304	2.7
0.125	1.202	0.0304	3.7
0.125	1.6	0.0304	3.3

*کمینه ریزش دانه در دماغه شبیه‌ساز متناظر با مقادیر بهینه‌ی گروه‌های بی‌بعد

* Minimum grain loose in header simulator based on optimum dimensionless groups

نتیجه‌گیری

با استفاده از مدل ابعادی و با در نظر گرفتن محدوده گروه‌های بی‌بعد، می‌توان ریزش در دماغه شبیه‌ساز را پیش‌بینی نمود. به‌علاوه امکان پیش‌بینی ریزش در دماغه کمباین در مزرعه نیز با ارائه روابط جدید مبتنی بر روش تحلیل ابعادی نیز میسر خواهد بود.

با توجه به محدوده به‌کارگیری معادلات عمومی ریزش در دماغه شبیه‌ساز (جدول 3) که به روش تحلیل ابعادی به‌دست آمده و از آن‌جا که در این روش امکان تعمیم نتایج به‌نحوی است که می‌توان پدیده‌ها را بدون انجام آزمایش‌های متعدد پیش‌بینی نمود، لذا می‌توان با تعداد آزمایش‌های کم‌تری در مورد وجوه ناشناخته مسئله انجام گرفته در وقت و هزینه‌ها، صرفه‌جویی مهمی به‌عمل آورد. به‌عبارت دیگر تحقیقات قبلی مبتنی بر ارائه مقادیری بوده‌اند که حداقل ریزش دانه در دماغه شبیه‌ساز را به ازای مقادیر خاصی از سرعت پیش‌روی، شاخص چرخ و فلک و سرعت شانه برش بیان می‌نمودند و حال این که به کمک روش به کار گرفته شده در این پژوهش محدوده وسیعی از نسبت شاخص چرخ و فلک، نسبت سرعت دورانی چرخ و فلک به سرعت شانه برش و نسبت ارتفاع شانه برش به طول دماغه را به نحوی ارائه نمود که مقادیر ریزش دانه در دماغه متناظر با آن، مطابق با استاندارد ASABE می‌باشد.

References

1. Anonymous. 2003. Wheat losses before and after harvesting and during consumption. Iranian Inspection Organization. (In Farsi).
2. Anonymous. 2002. Grain harvesting losses by combine measuring methods. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (In Farsi).

3. ASABE Standards. 2009. S343.3: Terminology for combines and grain harvesting. St. Joseph, MI: ASABE.
4. Bawatharani, R., D. N. Jayatiss, D. A. N. Dharmasena, and M. H. M. A. Bandara. 2014. Optimization of key operating parameters on header losses from combine harvesters in Sri Lankan paddy fields. International Journal of Engineering Research 3 (4): 286-288.
5. Emam, Y. 2011. Cereal production. Shiraz University Press.
6. Fakhraei, O., and S. H. Karparvarfard. 2006. Development of a general equation for estimation of tractive efficiency by dimensional analysis. Iranian Journal of Agriculture Science 38 (3): 447-457.
7. Hosseini, S. A., and S. H. Karparvarfard. 2011. Prediction of acting forces on chisel plow tine by dimensional analysis method. Iranian Journal of Biosystems Engineering 43 (1): 93-103.
8. Houshyar, E., and M. J. Sheikhdavoodi. 2010. Evaluation of wheat losses using New Holland combine harvester in Iran. American- Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 8 (1): 104-108.
9. Karparvarfard, S. H., and H. Rahmanian- Koushkaki. 2015. Development of a fuel consumption equation: Test case for a tractor chisel- ploughing in a clay loam soil. Biosystems Engineering 130: 23-33.
10. Langhaar, H. L. 1980. Dimensional analysis and theory of models. New York: Wiley.
11. Mirzazadeh, A., Sh. Abdollahpour, and M. Moghadam. 2011. Effect of design parameters on separation of grain in thresher to minimize separation loss of combine. Journal of Sustainable agriculture and production science 21 (3): 1- 11.
12. Srivastava, A. K., C. E. Goering, and R. P. Rohrbach. 2006. Engineering principles of agricultural machines. ASABE Textbook, pp: 433- 434.
13. Soleimani, M., and M. Kasraee. 2012. Optimum adjustments of cereal combine harvester platform for canola harvesting by using of a simulated platform. Journal of Agricultural Machinery 2 (2): 102-108. (In Farsi).
14. Tajbakhsh, O., and S. H. Karparvarfard. 2015. Estimation of the fuel consumption rate of tractor due to different aspect ratios of chisel plow blade. Iranian Journal of Biosystems Engineering 46 (2): 201-208.
15. Voicu, G., T. Casandroiu, and G. Stan. 2007. Using the dimensional analysis for a mathematical model to predict the seeds losses at the cleaning system of the cereals harvesting combines. Scientific Bulletin Series D: Mechanical Engineering 69 (7): 29-39.

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 8, No. 1, Spring - Summer 2018, p. 43-53

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد 8، شماره 1، نیمسال اول 1397، ص 53-43

Prediction Model for Wheat Grain Losses in Header of Simulator by Using Dimensional Analysis Approach

R. Karmulla Chaab[1]- S. H. Karparvarfard[2*]- M. Edalat[3]- H. Rahmanian- Koushkaki[4]

Received: 03-10-2016
Accepted: 18-12-2016

Introduction

One of the problems which considered in recent years for grain harvesting is loss of wheat during production until consumption and tenders the offers for prevention of its especially in harvesting times by combine harvesting machine. Grain harvesting combines are good examples of an operation where a compromise must be made. One would expect increased costs because of natural loss before harvesting, because of cutter bar loss, because of threshing loss, because of greater losses over the sieve and because of the reduced forward speed necessary to permit the through put material to feed passed the cylinder. The ability to recognize and evaluate compromise solutions and be able to predict the loosed grain is a valuable trait of the harvesting machine manager. By understanding the detailed operation of machines, be able to check their performance, and then arrive at adjustments or operating producers which produce the greatest economic return.

Voicu *et al.* (2007) predicted the grain loss in cleaning part of the combine harvester by using the laboratory simulator based on dimensional analysis method. The obtained model was capable to predict the grain loss perfectly.

Soleimani and Kasraei (2012) designed and developed a header simulator to optimize the combine header in rapeseed harvesting. Parameters of interest were: forward speed, cutter bar speed and reel index. The results showed that all the factors were significant in 5% probability. Also in the case of forward speed was 2 km h^{-1}, cutter bar speed was 1400 rpm and reel index was 1.5, the grain loss had minimum quantity.

The main purpose of this research was to develop an equation for predicting grain loss in combine header simulator. Modeling of the header grain loss was conducted using dimensional analysis approach.

Effective factors on grain loss in combine header unit were: forward speed, reel speed and cutter bar height.

Material and Methods

For studying the effective parameters on head loss in grain combine harvester, a header simulator with the following components was built in Biosystems Engineering Department of Shiraz University.

Reel unit

The reel size was 120 cm length and 100 cm diameter. This reel was removed from an old combine header and installed on a fixed bed. For changing the rotational speed of the reel, an electrical inverter (N50-007SF, Korea) was used.

Cutter bar unit

The cutter bar length was 120 cm. Knifes were installed on this section. Reciprocating motion was transmitted to the cutter bar through a slider crank attached to a variable speed electric motor (1.5kw, 1400 rpm, Poland). The motor was fixed on the bed.

Feeder unit

This section was consisted of a rail and a virtual ground. This ground was a tray that the wheat stems were staying on it manually. The rail was the path of virtual ground.
Treatments consisted of three levels of rotational speed of reel (21, 25 and 30 rpm), three levels of forward speed of virtual ground (2, 3 and 4 km h^{-1}), three levels of cutter bar height (15, 25 and 35 cm) and three replications. In other

1, 2 and 4- Former Graduate Student, Associate Professor and Ph.D. Candidate of Mechanics of Agricultural Machinery, Biosystems Engineering Department, College of Agriculture, Shiraz University
3- Associate Professor of Agronomy Planet Production, Crop Production & Plant Breeding Department, College of Agriculture, Shiraz University
(*- Corresponding Author Email: karparvr@shirazu.ac.ir)

words, 81 tests were done. The basis of choosing levels of treatments was combine harvester manuals and driver's experiences.

The dependent variable (H.L) was calculated as below:

$$H.L = \frac{L.G}{H.G} \times 100 \quad (1)$$

Where L.G is the mass of loss grains and H.G is the mass of harvested grains.

Results and Discussion

Generally results of ANOVA test showed that the cutter bar height, rotational speed of reel and forward speed had significant effect on head loss. Also interaction of rotational speed and forward speed, cutter bar height and forward speed had significant effect on head loss. These findings were based on Soleimani and Kasraei (2012) research. Therefore, the cutter bar height, rotational speed of reel and forward speed were three independent parameters on head loss as a dependent parameter.

By results of laboratory data, the equation for predicting grain loss by header simulator was obtained.

Conclusions

The statistical results of F- test in 5% probability showed that there were no significant difference between measured and predicted amounts for laboratory data.

Keywords: Combine, Laboratory simulator, Modeling, Wheat